

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-015872

(43)Date of publication of application : 17.01.1997

(51)Int.Cl.

G03F 9/02
G02B 7/28
G03B 13/36
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 07-163335

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 29.06.1995

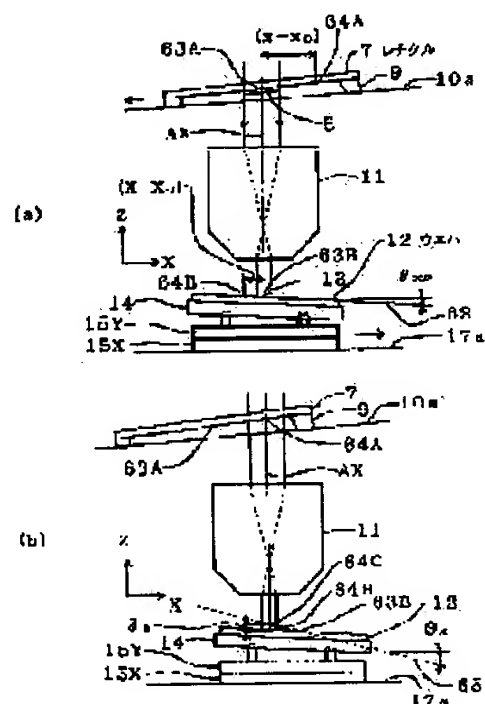
(72)Inventor : MIYAJI TAKASHI

(54) PROJECTION EXPOSING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To continuously fit a surface of a wafer to a imaging surface of a projection optical system with high following precision even when a height of a imaging surface is changed during scanning exposure.

CONSTITUTION: A surface including an image through an projecting optical system 11 of a pattern within a lighting area 8 on a reticule 7 is taken as a first reference surface 62 to determine inclination θ_{XP} of the reference surface 62, and when the reticule 7 is scanned in X-direction, an image surface continued to a conjugate image on a wafer 12 side of the central point of the lighting area 8 is taken as a second reference surface 65 to determine the inclination θ_X of the reference surface 65. In scanning exposure, the inclination of a lighting field 13 of the wafer 12 is fitted to the first reference surface 62, and a focus point of the wafer 12 is fitted to the second reference surface 65.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The projection aligner which imprints the image of the pattern of the aforementioned mask serially in the exposure field on the aforementioned substrate by illuminating the mask with which the pattern for an imprint characterized by to provide the following was formed, and scanning the aforementioned mask and the aforementioned substrate synchronously to the aforementioned projection optical system where some images of the pattern of this mask are projected on the predetermined exposure field on a photosensitive substrate through a projection optical system. The field position detection sensor which detects the focal position of the tilt angle of the aforementioned predetermined exposure field on the aforementioned substrate, and the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system. The tilt-angle control means which control the tilt angle of the aforementioned substrate to double the tilt angle detected by this field position detection sensor with the tilt angle of the 1st datum level which becomes settled by the projection image by the aforementioned projection optical system of the aforementioned mask, A focal position control means to control the focal position of the aforementioned substrate to double the focal position detected by the aforementioned field position detection sensor with the focal position of the 2nd datum level which becomes settled according to the tilt angle of the scanning direction of the run side of the aforementioned mask, and the tilt angle of the aforementioned mask.

[Claim 2] It is the projection aligner characterized by being a projection aligner according to claim 1, measuring beforehand the state of change of the tilt angle of the 1st datum level of the above, and the focal position of the 2nd datum level of the above, and memorizing it in the aforementioned tilt-angle control means and the aforementioned focal position control means, respectively.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the scanning exposure type projection aligner of so-called step - which imprints a mask pattern serially on a sensitization substrate, - scanning method, etc. by scanning a mask and a sensitization substrate synchronously to a projection optical system about the projection aligner used at the photolithography process for manufacturing a semiconductor device, image pick-up elements (CCD etc.), a liquid crystal display element, or the thin film magnetic head in more detail.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, in case a semiconductor device etc. is manufactured using photolithography technology, the projection aligners (stepper etc.) of the step-and-repeat method which carries out projection exposure are used for each shot field on the wafers (or glass substrate etc.) with which the pattern of the reticle as a mask was applied to the photoresist as a sensitization substrate through the projection optical system. On the other hand, recently, it is in the inclination which one chips, such as a semiconductor device, enlarge, and it is required that projection exposure of the pattern of a large area should be carried out more on a wafer. Then, the projection aligner of the scanning exposure method in which the exposure to the shot field of the large range is more possible than the effective exposure field of a projection optical system is developed by scanning a reticle and a wafer synchronously to a projection optical system.

[0003] In addition, although the aligner which carries out projection exposure of the whole pattern of the reticle of one sheet serially all over one sensitization substrate by actual size conventionally is known as a scanning exposure method, the methods developed recently are step - which performs movement between each shot field by the stepping method, and a - scanning method while it is reduction projection and a scanning exposure method performs exposure to each shot field on a wafer.

[0004] Generally, since a projection optical system with the shallow depth of focus with large numerical aperture (N.A.) is used in a projection aligner, in order to imprint a detailed circuit pattern in high resolution, the mechanism for doubling the front face of a wafer with the image formation side of a projection optical system is required. Then, at the projection aligner of the conventional package exposure method, the tilt sensor (leveling sensor) which measures the tilt angle of the front face of a wafer, for example on the basis of the slideway (run side) of a wafer stage is formed, the tilt angle of the image formation side of a projection optical system is beforehand measured on the basis of the slideway, and the front face of a wafer is doubled in parallel with the image formation side by the servo system so that it may be completed as this tilt angle by the measurement value by the tilt sensor. And the whole region of each shot field of a wafer is doubled within the limits of the depth of focus to an image formation side by using together control (auto leveling control) of this tilt angle with the so-called autofocus control which doubles the height (focal position) of the front face of a wafer with the position of the image formation side of a projection optical system.

[0005] Moreover, also in the projection aligner of a scanning exposure method, it is a package exposure method and the almost same control system, and the front face of a wafer is conventionally doubled with an image formation side. Furthermore, by the scanning exposure method, to the projection field (henceforth the "**** field") of the shape of a slit which projected some patterns of a reticle on the wafer through the projection optical system, the focal position of the front face of a wafer is predicted in the read-ahead field of a near side to a scanning direction, and the amendment control system is also proposed in the focal position of a wafer based on this read-ahead result. Moreover, below, the big field on the shot field where the pattern image of the whole reticle is projected serially is called "exposure field" to the **** field.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In step [of the conventional scanning exposure method, especially a

reduction scale factor] -, and the projection aligner of - scanning method, since a reticle and a wafer are independently scanned to a projection optical system, the run side of a reticle and the run side of a wafer are set up independently, respectively. Moreover, since the run side of a reticle and the pattern formation side of a reticle are not necessarily parallel, according to the scanning position of a reticle, the height of the image formation side (image surface of the pattern image of a reticle) of a projection optical system may change gradually. Thus, when the height of an image formation side changed gradually and the direction and the direction of the run side of a wafer where the height of the image formation side changes were not parallel, it originated in the speed of response of autofocus control, the following error occurred, and there was a possibility that the front face of the exposure field (shot field) of a wafer might separate from the range of the depth of focus to an image formation side partially.

[0007] this invention aims at offering the projection aligner which can double [be / under / scanning exposure / continuation / it] the front face of a wafer with the image formation side in a high flatness precision, even if the height of the image formation side of a projection optical system changes during scanning exposure in view of this point.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The projection aligner by this invention illuminates the mask (7) with which the pattern for an imprint was formed. Where some images of the pattern of this mask are projected on the predetermined exposure field (**** field 13) on a photosensitive substrate (12) through a projection optical system (11) By scanning a mask (7) and a substrate (12) synchronously to a projection optical system (11) In the projection aligner which imprints the image of the pattern of a mask (7) serially in the exposure field on a substrate (12) The field position detection sensor which detects the focal position of the tilt angle of the predetermined exposure field (13) on a substrate (12), and the direction of an optical axis of a projection optical system (11) (25), The tilt-angle control means which control the tilt angle of a substrate (12) to double the tilt angle detected by this field position detection sensor with the tilt angle of the 1st datum level (62) which becomes settled by the projection image by the projection optical system (11) of a mask (7) (16A- 16C, 20), The focal position detected by the field position detection sensor (25) The tilt angle of the scanning direction of the run side (10a) of a mask (7) (thetaX), And it has a focal position control means (16A- 16C, 20) to control the focal position of a substrate (12) to double with the focal position of the 2nd datum level (65) which becomes settled according to the tilt angle of a mask (7).

[0009] The 1st datum level [in other words / as opposed to the exposure field (**** field) of the projection image of some patterns of a mask at this invention] (62), The 2nd datum level (65) to the exposure field on the substrate (12) obtained as a result of scanning exposure is managed. Performing control of the tilt angle of a substrate (12) based on the tilt angle of the 1st datum level (62), control of the focal position of a substrate (12) has gone based on the focal position of the 2nd datum level (65).

[0010] In this case, as for the state of change of the tilt angle of the 1st datum level (62), and the focal position of the 2nd datum level (65), it is desirable for it to be measured beforehand and to memorize in tilt-angle control means (16A- 16C, 20) and a focal position control means (16A- 16C, 20), respectively.

[0011]

[Function] With reference to drawing 8 which shows the important section of one example of this invention, it explains about the principle of this this invention. Let the two-dimensional tilt angle of the run side (slideway) (17a) of the stage system (14, 15X, 15Y) which scans a substrate (12) be a reference value (0 0) in drawing 8 (a). The two-dimensional tilt angle expresses the tilt angle around the Y-axis which is the rectangular coordinate system of a flat surface perpendicular to the optical axis of a projection optical system (11), and the X-axis. and the tilt angle of the 1st datum level [as opposed to a run side (17a) considering the image formation side of the irradiation field (13) which is the projection image of some patterns (8) of a mask as the 1st datum level (62)] (62) -- then (thetaXP, thetaYP), tilt-angle control means -- the tilt angle of the front face of a substrate (12) -- the (thetaXP, thetaYP) -- it is controlled as desired value Consequently, the front face of a substrate (12) is set up in parallel to the 1st datum level (62).

[0012] Since the 1st datum level (62) inclines to a run side (17a) in this state when the scan of a mask (7) and a substrate (12) is performed, the focal position (height) of a substrate (12) changes according to the position of the substrate (12) of a scanning direction. position X0 which the position of a substrate (12) shows temporarily to drawing 8 (a) by making the scanning direction of a substrate (12) into the direction of +X the focal position when changing to the position X where the position of z0 and a substrate (12) shows the focal position when being to drawing 8 (b) -- zA ** -- if it carries out, the following relations will be materialized in approximation

[0013]

[Equation 1] $zA = (X - X0) \theta_{XP} + z0$ -- here, in order to take into consideration the influence by the scan of a mask (7) further, the pattern formation side of a mask (7) presupposes at a scanning direction that the predetermined angle inclination is carried out to the run side (10a) of a mask (7) A tilt angle [as opposed to / as shown in drawing 8 (b) as the result, when a mask (7) is scanned in the direction of X / a scanning direction in the position of the image formation

side in the center of the **** field] (tilt angle around a Y-axis) is θ_X . It moves along with the 2nd datum level (65). Moreover, the next relation is materialized, when a projection optical system (11) will project an inverted image, if the projection scale factor from the mask of a projection optical system (11) to a substrate is set to β (β is $1/4$, and $1/5$ grades) for the position of drawing 8 (a) and the direction of X of the mask (7) in the state of (b) as x_0 and x , respectively.

[0014]

[Equation 2] $X - X_0 = -\beta(x - x_0)$

moreover, position X_0 where θ_X and a substrate (12) show the tilt angle of the 2nd datum level (65) to drawing 8 (a) the focal position when being -- z_0 it is -- a sake -- drawing 8 -- focal position z_B where the focal position in the center of the irradiation field in the state of b) is mostly expressed with the following formula It changes.

[0015]

[Equation 3] $z_B = (X - X_0) \theta_X + z_0$, therefore this focal position z_B Although what is necessary is to consider as a target and just to perform focus control (autofocus control), the focal position of a substrate (12) is the focal position z_A shown by (several 1), corresponding to the tilt angle of the 1st datum level (62) in fact. It changed and amount of defocusing Δz expressed with the following formula has arisen.

[0016]

[Equation 4] $\Delta z = z_B - z_A = (X - X_0)(\theta_X - \theta_{XP})$

Therefore, what is necessary is just to perform actual focus control so that for example, (several 4) amount of defocusing Δz may be set to 0. Moreover, tilt-angle θ_{XP} of the 1st datum level (62) and tilt-angle θ_X of the 2nd datum level (65) What is necessary is to ask by performing test PURINNT0 and just to memorize it, for example, respectively. Consequently, it becomes possible to change the focal position of a substrate (12) along with the plane of projection as the whole mask (7), doubling the tilt angle of a substrate (12) with the image surface of the projection image in the **** field of a mask (7).

[0017]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of the projection aligner by this invention. this example applies this invention to the projection aligner of step - and - scanning method. Drawing 1 shows the projection aligner of this example, and the lighting light IL for the exposure from the light source system 1 containing the light source, an optical integrator, etc. illuminates the lighting field 8 of the shape of a slit of the pattern formation side (inferior surface of tongue) of a reticle 7 by the uniform illumination distribution in this drawing 1 through the 1st relay lens 2, a reticle blind (good distortion-of-image field drawing) 3, the 2nd relay lens 4, a mirror 5, and the main condenser lens 6. The arrangement side of a reticle blind 3 is conjugate mostly with the pattern formation side of a reticle 7, and the position and configuration of the lighting field 8 are set up with the position and configuration of opening of a reticle blind 3.

[0018] Projection exposure of the image through the projection optical system 11 of the pattern in the lighting field 8 on a reticle 7 is carried out into the **** field 13 of the shape of a slit on the wafer 12 with which the photoresist was applied. Here, the Z-axis is taken in parallel with the optical axis of a projection optical system 11, and a Y-axis is taken for the X-axis in the space of drawing 1 in parallel with the space of drawing 1 within a two-dimensional flat surface perpendicular to the optical axis. A reticle 7 is held on a reticle stage 9, and drives a reticle stage 9 by the linear motor in the direction of X which is a scanning direction on the reticle base 10. The X coordinate of a reticle 7 is measured by the move mirror 18 on a reticle stage 9, and the external laser interferometer 19, the main-control system 20 to which this X coordinate carries out control control of the operation of the whole equipment is supplied, and the main-control system 20 performs the position of a reticle 7, and control of traverse speed through the reticle-stage drive system 21 and a reticle stage 9.

[0019] On the other hand, a wafer 12 is held on Z tilt stage 14 through a non-illustrated wafer electrode holder. It is laid on Y stage 15Y through the actuators 16A-16C which can move Z tilt stage 14 to three Z directions freely. Y stage 15Y It is laid so that it may be moved in the direction of Y for example, by the feed screw method onto X stage 15X, and X stage 15X is laid so that it may be moved in the direction of X for example, by the feed screw method onto the equipment base 17. By making three actuators 16A-16C expand and contract in parallel, adjustment of the position (focal position) of the Z direction of Z tilt stage 14 is performed, and adjustment of the surrounding tilt angle of the X-axis of Z tilt stage 14 and a Y-axis is performed by adjusting individually the amount of expansion and contraction of three actuators 16A-16C.

[0020] Moreover, the monitor of the X coordinate of a wafer 12 is always carried out by move mirror 22X for the X-axes fixed to the upper limit of Z tilt stage 14, and external laser interferometer 23X, and the X coordinate and Y coordinate which the monitor of the Y coordinate of a wafer 12 was always carried out by move mirror 22Y for the Y-axes (refer to drawing 7) and external laser interferometer 23Y, and were detected by them are supplied to the main-

control system 20.

[0021] Here, it explains per example of composition of Actuators 16A-16C. Drawing 6 is the cross section of actuator 16A, in this drawing 6, the drive housing 40 is fixed on Y stage 15Y of drawing 1, a feed screw 41 is contained free [rotation] in the drive housing 40, the Rota encoder 43 for angle-of-rotation detection is connected to the left end of a feed screw 41 through distributor shaft coupling 42, and the rotary motor 45 is connected to the right end of a feed screw 46 through distributor shaft coupling 44. Moreover, a nut 39 is screwed in a feed screw 41, slant-face section 36A toward which the upper limit inclined through the support 38 in the nut 39 is fixed, and body-of-revolution 36B touches the upper limit of slant-face section 36A. Free [rotation in Z tilt stage 14 of drawing 1], body-of-revolution 36B is embedded so that it cannot move to a longitudinal direction.

[0022] Moreover, slant-face section 36A is supported so that it can move in the direction parallel to a feed screw 41 along with the straight-line guide 37. In this case, the control signal which shows the drive speed from the wafer stage control system 24 of drawing 1 is supplied to the rotary motor 45, and the rotary motor 45 rotates a feed screw 41 at the directed drive speed (angular velocity). Thereby, a nut 39 moves in the direction of X along with a feed screw 41, and also moves slant-face section 36A along with a feed screw 41. Therefore, body-of-revolution 36B in contact with the upper limit of slant-face section 36A is displaced in the vertical direction (Z direction) to the drive housing 40, rotating. Moreover, the traverse speed to the vertical direction of body-of-revolution 36B is detected by measuring the angular rate of rotation of a feed screw 41 by the rotary encoder 43. Other actuators 16B and 16C are the same composition.

[0023] In addition, you may constitute Actuators 16A-16C besides the method which uses a rotary motor like drawing 6 using a piezo-electric element etc. Returning to drawing 1, the main-control system 20 controls operation of X stage 15X and Y stage 15Y and Z tilt stage 14 through the wafer stage drive system 24 based on the supplied coordinate. for example, in exposing by the scanning exposure method, as that on which a projection optical system 11 projects an inverted image for the projection scale factor beta (beta is for example, 1 / 4 grades) A reticle stage 9 is minded and it is speed VR to the direction of +X (or the direction of -X) to the lighting field 8 about a reticle 7. It synchronizes with scanning. A wafer 12 is scanned at speed VW (=beta-VR) in the direction of -X (or the direction of +X) to the **** field 13 through X stage 15X.

[0024] Next, it explains per composition of the focal position detection system (henceforth a "multipoint AF sensor") 25 of the multipoint for detecting the position (focal position) of the Z direction of the front face of a wafer 12. As opposed to the photoresist injected from the light source 26 in this multipoint AF sensor 25 a nonphotosensitivity detection light illuminate many slits in the light transmission slit board 28 through a condenser lens 27, and the image of these slits minds an objective lens 29. It is aslant projected to the optical axis of a projection optical system 11 in 15 measure points P11-P51 of the **** field 13 on a wafer 12, and the read-ahead fields 35A and 35B (refer to drawing 2) before and behind this.

[0025] Drawing 2 shows arrangement of these measure points P11-P51 on a wafer 12, and the read-ahead fields 35A and 35B are set to the direction of +X, and direction side of -X to the slit-like **** field 13 in this drawing 2, respectively. And the measure points P21-P43 of three line x3 train are set up in the **** field 13, three measure points P11-P13 are set up in read-ahead field 35B, and three measure points P51-P53 are set up in read-ahead field 35A. In this example, it asks for the average focal position in the **** field 13, and a tilt angle from the information on the focal position in nine measure points in the **** field 13. And amendment of the level difference of the front face of a wafer 12 etc. is performed using the information on the focal position in three measure points in read-ahead field 35A (or 35B) if needed.

[0026] It returns to drawing 1, the reflected light from those measure points is condensed on the vibrating-slit board 31 through a condenser lens 30, and re-image formation of the slit image projected on the vibrating-slit board 31 in these measure points is carried out. The vibrating-slit board 31 is vibrating in the predetermined direction with the shaker 32 driven by the driving signal DS from the main-control system 20. Photo electric translation of the light which passed many slits of the vibrating-slit board 31 is carried out by many optoelectric transducers on a photodetector 33, respectively, and these photo-electric-translation signal is supplied to a signal-processing system 34.

[0027] Drawing 3 shows the light transmission slit board 28 in drawing 1, and slits 2811-2853 are formed in the position corresponding to the measure points P11-P53 on the wafer of drawing 2 in this drawing 3 at the light transmission slit board 28, respectively. Moreover, also on the vibrating-slit board 31 in drawing 1, as shown in drawing 4, slits 3111-3153 are formed in the position corresponding to the measure points P11-P53 on the wafer of drawing 2, respectively, and the vibrating-slit board 31 is vibrating in the measurement direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of each slit with a shaker 32.

[0028] Drawing 5 shows the photodetector 33 in drawing 1, and a signal-processing system 34, and sets them to this drawing 5. next, to the optoelectric transducers 3311-3313 of the 1st line on a photodetector 33 The light which passed the slit to which it is reflected in from the measure points P11-P13 of drawing 2, respectively, and corresponds in the

vibrating-slit board 31 carries out incidence. In the optoelectric transducers 3321-3343 of - of 2nd line the 4th line The light which passed the slit to which it is reflected in from the measure points P21-P43 of drawing 2 , respectively, and corresponds in the vibrating-slit board 31 carries out incidence. to the optoelectric transducers 3351-3353 of the 5th line The light which passed the slit to which it is reflected in from the measure points P51-P53 of drawing 2 , respectively, and corresponds in the vibrating-slit board 31 carries out incidence. And the detecting signal from optoelectric transducers 3311-3353 is supplied to synchronous detectors 4711-4753 through amplifier 4611-4653. By detecting synchronously the detecting signal inputted using the driving signal DS for shaker 32, respectively, synchronous detectors 4711-4753 generate the focal signal which changes in proportion [almost] to the focal position of a corresponding measure point in the predetermined range. In this example, the focal signal outputted from synchronous detectors 4711-4753 is in the state to which the reticle 7 stood it still in the center of a scanning direction in drawing 1 , respectively, and when the corresponding measure point has agreed in the image formation side (best focus side) of a projection optical system 11, the calibration is performed so that it may be set to 0.

[0029] The focal signal outputted from synchronous detectors 4711-4753 is supplied to a multiplexer 48 in parallel, a multiplexer 48 supplies the focal signal chosen in an order from the focal signal supplied synchronizing with the switch signal from the microprocessor (MPU) 50 in the main-control system 20 to an analog / digital (A/D) converter 49, and the digital focal signal outputted from A/D converter 49 is stored in the memory 51 in the main-control system 20 one by one.

[0030] Drawing 7 shows the drive system of three actuators 16A-16C of drawing 1 , and the digital focal signal which shows the focal position in the measure points P11-P53 of drawing 2 in each address 5111-5153 of memory 51, respectively is stored in the main-control system 20 of this drawing 7 . In addition, these focal signals are serially rewritten by the predetermined sampling period. The focal signal read from the addresses 5121-5143 corresponding to the measure point in the **** field 13 of drawing 2 in these addresses is supplied to the least-squares-method calculation section 52 in parallel. the flat surface which agrees on the front face of the **** field 13 in least squares method in the least-squares-method calculation section 52 based on nine focal signals corresponding to nine measure points P21-P43 in the **** field 13 -- determining -- tilt-angle θ_Y around tilt-angle θ_X the focal position (Z coordinate) z in the center of this determined flat surface, and around a Y-axis, and the X-axis It asks. Such tilt-angle θ_X , tilt-angle θ_Y , and the focal position z are supplied to the subtraction sections 54A, 54B, and 54C, respectively.

[0031] Moreover, the focal signal corresponding to the measure point in read-ahead field 35A of drawing 2 and 35B read from the addresses 5111-5113 in memory 51, and 5151-5153 is supplied to the read-ahead amendment section 53. In the read-ahead amendment section 53, detection of the irregularity of the front face of a wafer 12 etc. is performed. In the main-control system 20 of this example, the 1st storage section 55 and the 2nd storage section 56 are formed. furthermore, in the 1st storage section 55 Tilt-angle θ_{XP} around the Y-axis showing the image formation side in the **** field 13 on a wafer 12 of the 1st datum level, and tilt-angle θ_{YP} around the X-axis, For example, focal position z_0 of the image formation side in the center of the **** field 13 in case the center of a reticle 7 is on the optical axis of a projection optical system 11 It memorizes. On the other hand, tilt-angle (as opposed to scanning direction) θ_X around the Y-axis showing the image formation side in the whole surface of the exposure field on a wafer 12 (shot field) of the 2nd datum level is memorized by the 2nd storage section 56.

[0032] Here, with reference to drawing 8 , it explains to a detail per the 1st and 2nd datum level. Drawing 8 (a) shall simplify and show the stage system of drawing 1 , and the pattern formation side of a reticle 7 shall carry out the predetermined angle inclination of the reticle stage 9 which scans a reticle 7 in the direction of X to run side 10a in this drawing 8 (a) as what moves along with run side (slideway) 10a. Moreover, the surrounding tilt angle of the Y-axis of run side 17a and the X-axis shall be adjusted to (0, 0) as what X stage 15X which scans a wafer 12 in the direction of X moves along with run side 17a.

[0033] In this case, surrounding tilt-angle θ_{XP} of the Y-axis and the X-axis, θ_{YP} , and the focal position z_0 of the datum level 62 It asks beforehand. [as opposed to / the image formation side of the image with which the reticle 7 projected the pattern of the reticle 7 in the lighting field 8 on the **** field 13 through the projection optical system 11 in the state of being in the position of the center of a scanning direction is the 1st datum level 62, and / run side 17a of the 1st datum level 62] And by control of the amount of expansion and contraction of three actuators 16A-16C (refer to drawing 7), the front face of a wafer 12 is set up so that it may agree in the 1st datum level 62. However, in drawing 8 (a), if the position of a reticle 7 runs, it moves in the direction of X along with field 10a and the lighting field 8 is changed to a Z direction, the image formation side of the image in the **** field 13 will be changed to a Z direction in parallel with the 1st datum level 62. The 2nd datum level expresses the amount of change to the Z direction of this 1st datum level 62.

[0034] That is, the interval of the direction of X of point 63A on the pattern formation side of the reticle 7 on the

optical axis AX of a projection optical system 11 and point 64A separated from this point in the direction of +X is made into (x-x0) by drawing 8 (a). And suppose that there is the next relation using the projection scale factor beta of a projection optical system 11 from point 63A and image point 63B [conjugate / on a wafer 12], using as point 64B the point on the wafer 12 which left only the interval (X-X0) in the direction of X.

[0035]

[Equation 5] $X-X0 = -\beta(x-x0)$

Then, if point 64A on a reticle 7 results on an optical axis AX as a reticle 7 and a wafer 12 are scanned with a velocity ratio beta in the direction of -X, and the direction of +X from the state of drawing 8 (a), respectively where the tilt angle and focal position of a wafer 12 are locked, and shown in drawing 8 (b), on a wafer 12, point 64B will result on an optical axis AX. However, since the lighting field on a reticle 7 is displacing to the Z direction, it is separated [from the position of image point 64C through the projection optical system 11 of point 64A on a reticle 7] of interval deltaz to the Z direction to point 64B. If it passes along the first wafer 12 side image point 63B and this image point 64C and the surrounding tilt angle of the X-axis uses the same flat surface as tilt-angle thetaYP of the 1st datum level 62 as the 2nd datum level 65 in drawing 8 (b) here When a reticle 7 and a wafer 12 are scanned in the direction of -X, and the direction of X, respectively, the straight line which put the image point through the projection optical system 11 of the point on the optical axis AX of a reticle 7 in a row is on the 2nd datum level 65. In other words, the image formation side of the pattern image of the reticle projected on the exposure field on a wafer 12 (shot field) turns into the 2nd datum level.

[0036] At this example, it is tilt-angle thetaX around the Y-axis of the 2nd datum level 65. It is measured beforehand. Then, interval deltaz of point 64B on the wafer 12 in drawing 8 (b) and image point 64C is as follows using tilt-angle thetaXP of the 1st datum level 62, and tilt-angle thetaX of the 2nd datum level 65.

[0037]

[Equation 6] $\text{deltaz} = (X-X0) (\theta_{\text{thetaX}} - \theta_{\text{thetaXP}})$

Then, a focus (autofocus) is performed when only interval deltaz changes the height of three actuators 16A-16C in parallel. In this case, leveling is already completed.

[0038] It returns to drawing 7 , tilt-angle thetaXP of the 1st datum level from the 1st storage section 55 and thetaYP are supplied to the subtraction sections 54A and 54B as desired value of a tilt angle, respectively, and the deflection deltathetaX (=theta XP-theta X) and deltathetaY (=thetaYP-thetaY) of a tilt angle is supplied from the subtraction sections 54A and 54B to a target position / speed-conversion section 58, respectively. Moreover, tilt-angle thetaXP from the 1st storage section 55 and the focal position z0 of the image formation side in a reference state Tilt-angle thetaX of the 2nd datum level from the 2nd storage section 56 The focal position amendment section 57 is supplied. Moreover, the X coordinate of Z tilt stage 14 (wafer 12) measured by laser interferometer 23X of the X-axis is supplied to the focal position amendment section 57, and the target position / speed-conversion section 58, and the Y coordinate of Z tilt stage 14 measured by laser interferometer 23Y of a Y-axis is supplied to a target position / speed-conversion section 58.

[0039] In the focal position amendment section 57, amount of gaps deltaz of a focal position is computed from (several 6), using the X coordinate of X0 and the present Z tilt stage 14 as X for the X coordinate of Z tilt stage 14 in a reference state, and it is the focal position z0 to this amount of gaps deltaz. It adds, asks for the target focal position zP, and is this target focal position zP. Subtraction section 54C is supplied. According to this, deflection deltaz (=zP-z) of a focal position is supplied from subtraction section 54C to a target position / speed-conversion section 58. In a target position / speed-conversion section 58, the coordinate (X1, Y1) of each point of application of three actuators 16A, 16B, and 16C at the time of making the optical axis of a projection optical system 11 into a zero, (X2 and Y2), and (X3 and Y3) are first computed from the X coordinate of supplied Z tilt stage 14, and a Y coordinate.

[0040] moreover -- beforehand -- loop gain KthetaX of tilt-angle thetaX and tilt-angle thetaY and each position control system of the focal position z KthetaY And KZ it memorizes -- having -- **** -- a target position / speed-conversion section 58 -- each speed instruction value VZ1 from the following formula to three actuators 16A, 16B, and 16C, VZ2, and VZ3 It computes.

[0041]

[Equation 7]

$$\begin{bmatrix} VZ_1 \\ VZ_2 \\ VZ_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K\theta_x & 0 & 0 \\ 0 & K\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\theta_x \\ \Delta\theta_y \\ \Delta z \end{bmatrix}$$

[0042] Since - (X3, Y3) changes according to the coordinate (X1, Y1) of Actuators 16A-16C and a wafer 12 being

scanned, a target position / speed-conversion section 58 performs an operation [serially / (several 7)] by the predetermined time interval, whenever the position of a wafer 12 carries out predetermined step change, and they are the speed instruction value VZ1, VZ2, and VZ3. It computes. These speed instruction value VZ1 -VZ(s)3 The speed controller 60 is supplied and the speed controller 60 drives Actuators 16A-16C through power amplification 61A-61C. Moreover, the detecting signal of the speed from the rotary encoders 43A-43C (it is the same as the rotary encoder 43 of drawing 6) inside Actuators 16A-16C is fed back to the speed controller 60. Thereby, for Actuators 16A-16C, a point is drive speed VZ1 -VZ3, respectively. It drives to a Z direction.

[0043] And the surface position and surface tilt angle of a wafer 12 after driving with the actuators 16A-16C are measured by the multipoint AF sensor 25 of drawing 1 , and the least-squares-method calculation section 52 grade of drawing 7 , and the deflection of this measurement result and desired value is fed back to a target position / speed-conversion section 58. By carrying out servo control of the tilt angle and focal position of Z tilt stage 14 such during scanning exposure, after the **** field 13 of a wafer 12 has always agreed in the image formation side of the projection image of the pattern in the lighting field 8 of a reticle 7, exposure is performed.

[0044] Next, tilt-angle thetaXP of the 1st datum level 62 corresponding to the image formation side in the **** field 13 shown in drawing 8 , thetaYP, and tilt-angle thetaX of the 2nd datum level 65 corresponding to the image formation side of the exposure field on a wafer 12 It explains per example of a measuring method. First, after making a reticle 7 stand it still in the center of a scanning direction about the 1st datum level 62 as shown in drawing 8 (a), a wafer stage is driven and the test print (condition broth exposure) of the image of the pattern in the lighting field 8 is carried out to two or more fields on a wafer 12 (field exposed by the **** field 13) with a step-and-repeat method, respectively. In this case, in parallel with run side 17a, the front face of a wafer 12 is set as the tilt angle (0 0), and changes the focal position (Z coordinate) of a wafer 12 gradually for every one exposure. Then, it is the 1st tilt angle (thetaXP, thetaYP) and focal position z0 of datum level 62 by developing a wafer 12 and investigating the resolution of the obtained projection image by asking for the distribution of the best focus position in each point in the **** field 13, and carrying out flat-surface approximation of this distribution. It asks.

[0045] Next, about the 2nd datum level 65, the beginning is asked for the tilt angle (thetaXP, thetaYP) of the 1st datum level 62 by the above-mentioned method, and this tilt angle is set as the 1st storage section 55 of drawing 7 through the non-illustrated I/O device. moreover, tilt-angle thetaX of the 2nd datum level 65 ***** -- the value 0 (the same value as run side 17a) is set as the 2nd storage section 56 of drawing 7 through the non-illustrated I/O device Then, while only a predetermined interval changes the desired value of a focal position (Z coordinate) for every one exposure, the test print by step - and - scanning method is performed. At the time of scanning exposure of each time in this case, a wafer 12 is in the state with which the tilt angle agreed in the 1st datum level 62, and the focal position is being fixed. Then, the distribution of the best focus position in each exposure field (shot field) of a wafer 12 is called for by developing a wafer 12 and measuring the resolution of the obtained image. Tilt-angle thetaY (this is almost equal to tilt-angle thetaYP of the 1st datum level 62) around tilt-angle thetaX around the Y-axis of the 2nd datum level 65 and the X-axis is called for from the distribution. The tilt-angle thetaX The 2nd storage section 56 of drawing 7 memorizes through a non-illustrated I/O device.

[0046] In addition, in drawing 2 , although a tilt angle and the measure points P21-P43 for focal position detection are distributed in the **** field 13, these measure points P21-P43 may be protruded from the **** field 13. Moreover, the number of the whole measure points P11-P53 and an array are not limited to drawing 2 , for example, may arrange a measure point in a completely different class in the direction of X. Furthermore, although the multipoint AF sensor 25 is used in the above-mentioned example in order to detect the tilt angle of the **** field 13 on a wafer 12 Instead of a multipoint AF sensor, AF sensor of one point is used, and a measure point irradiates the parallel flux of light aslant on the front face of a wafer 12 for tilt-angle detection, and may use the leveling sensor of the parallel flux of light oblique incidence method which detects the tilt angle of the front face from the amount of strike slips of the condensing position of the reflected light.

[0047] Thus, this invention is not limited to the above-mentioned example, but can take composition various in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[0048]

[Effect of the Invention] According to the projection aligner of this invention, the tilt angle of the projection image to the exposure field on the photosensitive substrate resulting from the inclination of a mask or the inclination of a projection optical system (**** field) is the tilt angle of the 1st datum level. Moreover, the inclination of the projection image to the exposure field on a substrate resulting from a gap of the tilt angle of the run side (slideway) of the stage by the side of a mask and the stage by the side of a substrate etc. serves as a tilt angle of the 2nd datum level. Therefore, even if the height of the image formation side of a projection optical system changes during scanning exposure by performing control of a tilt angle and a focal position based on these two datum level, there is an

advantage which can double [be / under / scanning exposure / continuation / it] the front face of a substrate with the image formation side in a high flattery precision.

[0049] Consequently, even when it becomes easy to obtain a homogeneous projection image in the whole region of each exposure field on a substrate (shot field) and the depth of focus of the image formation side of a projection optical system becomes narrow, a high image formation property can be maintained. That is, the tolerance (focal margin) to the depth of focus becomes high. Moreover, since what is necessary is just to only use the data only memorized during scanning exposure when the state of change of the tilt angle of the 1st datum level and the focal position of the 2nd datum level of the above is measured beforehand and memorized in tilt-angle control means and the focal position control means, respectively, a control sequence is simplified and the slew rate to change of a focal position can also be accelerated.

[Translation done.]

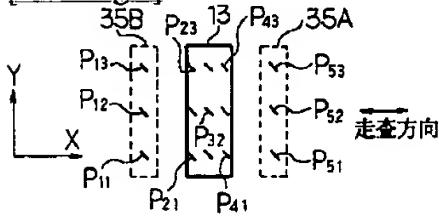
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

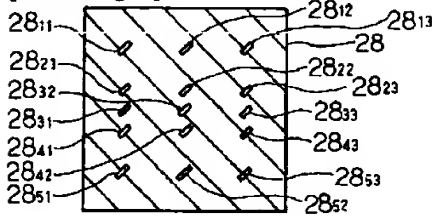
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

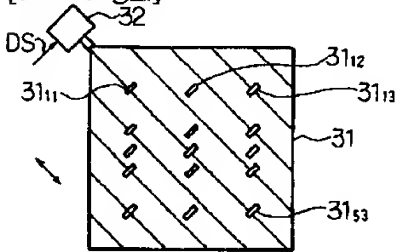
[Drawing 2]



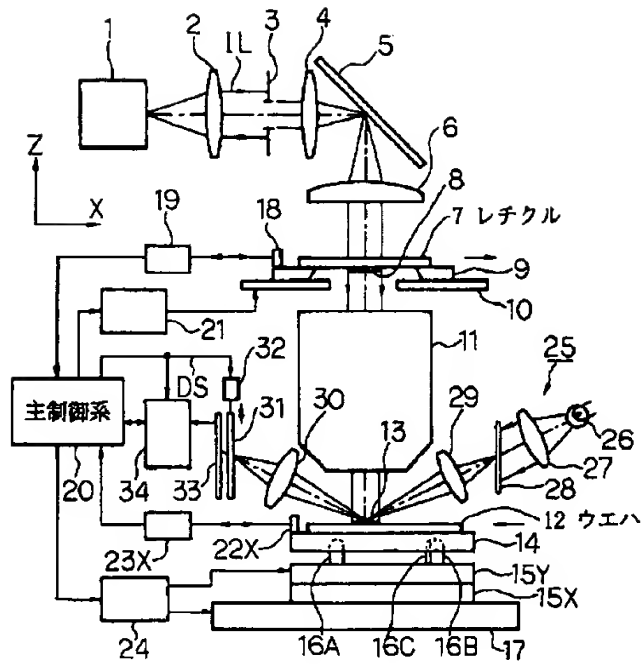
[Drawing 3]



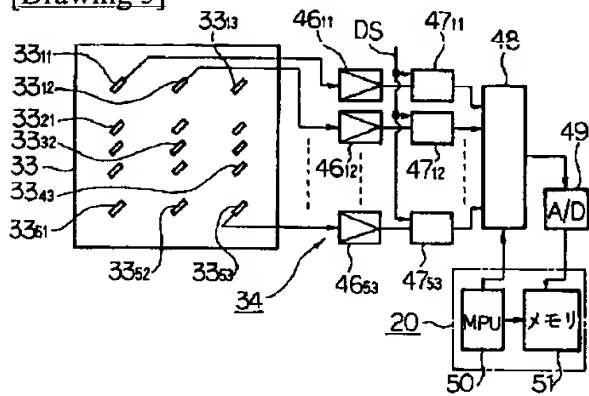
[Drawing 4]



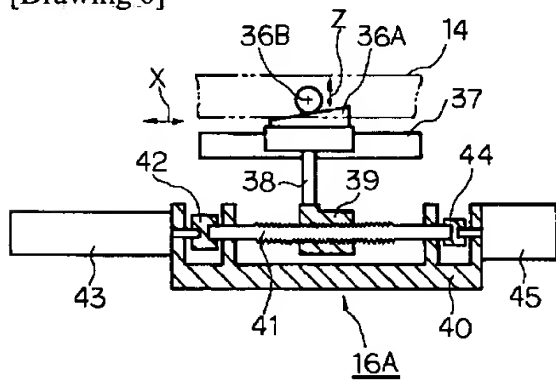
[Drawing 1]



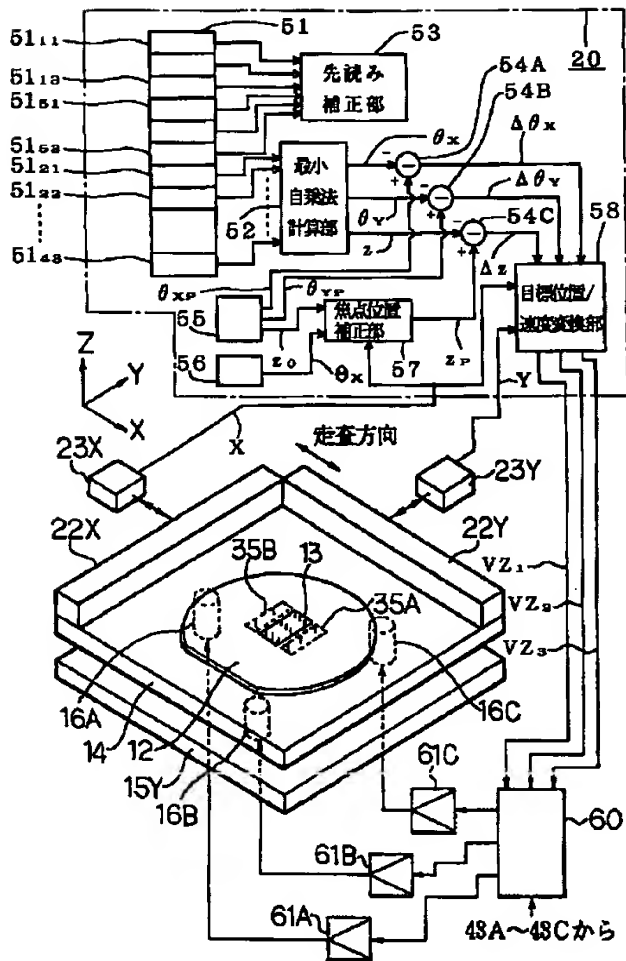
[Drawing 5]



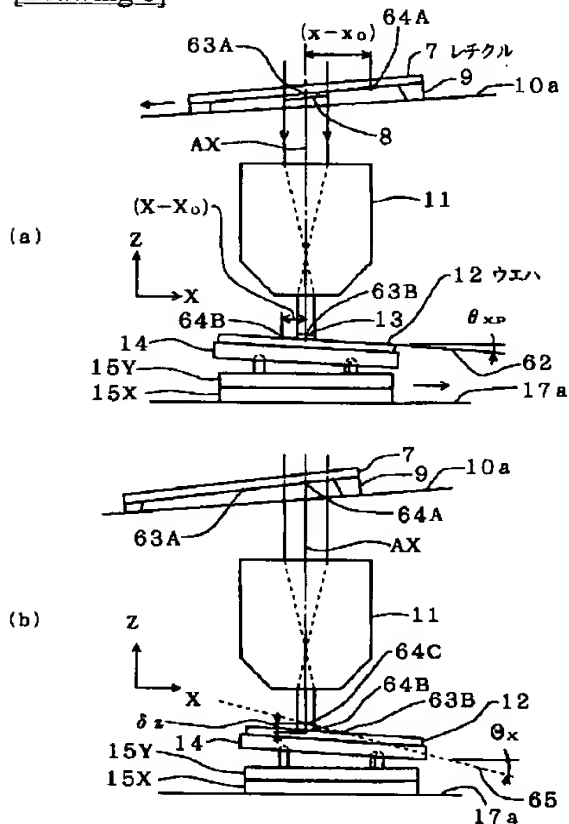
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CORRECTION or AMENDMENT

[Official Gazette Type] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of patent law.

[Section partition] The 2nd partition of the 6th section.

[Date of issue] September 11, Heisei 14 (2002. 9.11)

[Publication No.] JP,9-15872,A.

[Date of Publication] January 17, Heisei 9 (1997. 1.17)

[**** format] Open patent official report 9-159.

[Filing Number] Japanese Patent Application No. 7-163335.

[The 7th edition of International Patent Classification]

G03F	9/02		.
G02B	7/28		.
G03B	13/36		.
G03F	7/20	521	.
H01L	21/027		.

[FI]

G03F	9/02	H	.
7/20	521		.
G02B	7/11	M	.
G03B	3/00	A	.
H01L	21/30	516 B	.
518			.
526	A		.

[Procedure revision]

[Filing Date] June 28, Heisei 14 (2002. 6.28)

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] Claim.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[Claim(s)]

[Claim 1] In the projection aligner which imprints the image of the pattern of the aforementioned mask serially in the exposure field on the aforementioned substrate by illuminating the mask with which the pattern for an imprint was formed, and scanning the aforementioned mask and the aforementioned substrate synchronously to the aforementioned projection optical system where some images of the pattern of this mask are projected on the predetermined exposure field on a photosensitive substrate through a projection optical system

The field position detection sensor which detects the focal position of the tilt angle of the aforementioned predetermined exposure field on the aforementioned substrate, and the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system,

Tilt-angle control means which control the tilt angle of the aforementioned substrate to double the tilt angle detected by this field position detection sensor with the tilt angle of the 1st datum level which becomes settled by the projection image by the aforementioned projection optical system of the aforementioned mask,

The projection aligner characterized by having a focal position control means to control the focal position of the aforementioned substrate to double the focal position detected by the aforementioned field position detection sensor with the focal position of the 2nd datum level which becomes settled according to the tilt angle of the scanning direction of the run side of the aforementioned mask, and the tilt angle of the aforementioned mask.

[Claim 2] It is a projection aligner according to claim 1.

The state of change of the tilt angle of the 1st datum level of the above and the focal position of the 2nd datum level of the above is a projection aligner characterized by what it is measured beforehand and memorized in the aforementioned tilt-angle control means and the aforementioned focal position control means, respectively.

[Claim 3] It is a projection aligner according to claim 1 or 2.

The inclination of the 1st datum level of the above is a projection aligner characterized by being an inclination to the run side of the substrate stage in which the aforementioned substrate is laid.

[Claim 4] It is a projection aligner given in any 1 term of claims 1-3.

The 2nd datum level of the above is a projection aligner characterized by expressing the amount of change to the aforementioned optical-axis direction of the image of the pattern of the aforementioned mask produced during the scan of the aforementioned mask according to the inclination of the pattern formation side of the aforementioned mask to the run side of the aforementioned mask.

[Claim 5] It is a projection aligner given in any 1 term of claims 1-4.

The aforementioned focal position control means is a projection aligner characterized by responding to the 1st datum level of the above, and the 2nd datum level, and controlling the focal position of the aforementioned substrate under aforementioned scan.

[Claim 6] It is a projection aligner according to claim 5.

criteria position [in / the aforementioned scanning direction / means / focal position control / aforementioned / under the aforementioned imprint processing and in the aforementioned substrate] X_0 from -- time of moving to the arbitrary positions X

a tilt angle [in / the aforementioned scanning direction of θ_{XP} and the 2nd datum level of the above / for the tilt angle in the aforementioned scanning direction of the 1st datum level of the above] -- θ_X -- Δz which carries out and expresses the position in the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned substrate below -- an amendment -- projection aligner characterized by things

$\Delta z = (X - X_0) (\theta_X - \theta_{XP})$

[Claim 7] In the projection aligner which imprints the image of the pattern of the aforementioned mask serially in the exposure field on the aforementioned substrate by illuminating the mask with which the pattern for an imprint was formed, and scanning the aforementioned mask and the aforementioned substrate synchronously to the aforementioned projection optical system where some images of the pattern of this mask are projected on the predetermined exposure field on a substrate through a projection optical system

The field position detection sensor which detects the focal position of the tilt angle of the aforementioned predetermined exposure field on the aforementioned substrate, and the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system,

According to the detection result by the aforementioned field position detection sensor, it has the control means which control the position and tilt angle in the direction of an optical axis of the aforementioned projection optical system of the aforementioned substrate so that the aforementioned substrate front face may agree in the image formation side of the aforementioned projection optical system.

criteria position [in / the aforementioned scanning direction / control means / aforementioned / under the aforementioned imprint processing and in the aforementioned substrate] X_0 from -- time of moving to the arbitrary positions X

the Δz which expresses the position in the aforementioned optical-axis direction of the aforementioned substrate below by setting to θ_X the tilt angle in the aforementioned scanning direction of the 2nd datum level which becomes settled according to the tilt angle of the pattern-formation side of the mask to the run side of θ_{XP} and the aforementioned mask about the tilt angle in the aforementioned scanning direction of the 1st datum level which becomes settled by the projection image by the aforementioned projection optical system of the aforementioned mask - an amendment -- the projection aligner characterized by things

$\Delta z = (X - X_0) (\theta_X - \theta_{XP})$

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] 0010.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[0010] In this case, as for the state of change of the tilt angle of the 1st datum level (62), and the focal position of the 2nd datum level (65), it is desirable for it to be measured beforehand and to memorize in tilt-angle control means (16A-16C, 20) and a focal position control means (16A-16C, 20), respectively. Moreover, another projection aligner by this invention illuminates the mask (7) with which the pattern for an imprint was formed. Where some images of the pattern of this mask are projected on the predetermined exposure field (**** field 13) on a substrate (12) through a projection optical system (11) By scanning a mask (7) and a substrate (12) synchronously to a projection optical system (11) In the projection aligner which imprints the image of the pattern of a mask (7) serially in the exposure field on a substrate (12) The field position detection sensor which detects the focal position of the tilt angle of the predetermined exposure field (13) on a substrate (12), and the direction of an optical axis of a projection optical system (11) (25), According to the detection result by this field position detection sensor, so that a substrate front face may agree in the image formation side of a projection optical system (11) It has the control means (16A-16C, 20) which control the position and tilt angle in the direction of an optical axis of a projection optical system (11) of a substrate (12). control means (16A-16C, 20) criteria position [in / a scanning direction / under imprint processing and in a substrate (12)] X_0 from -- when it moves to the arbitrary positions X , only Δz which expresses the position in the direction of an optical axis of a substrate (12) below is an amendment thing $\Delta z = (X - X_0) (\theta_X - \theta_{XP})$ here, θ_{XP} is a tilt angle in the scanning direction of the 1st datum level (62) which becomes settled by the projection image by the projection optical system (11) of a mask (7), and θ_X . It is a tilt angle in the scanning direction of the 2nd datum level (65) which becomes settled according to the tilt angle of the pattern formation side of the mask (7) to the run side (10a) of a mask (7).

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-15872

(43) 公開日 平成9年(1997)1月17日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 3 F 9/02			G 0 3 F 9/02	H
G 0 2 B 7/28			7/20	5 2 1
G 0 3 B 13/38			G 0 2 B 7/11	M
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 B 3/00	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 6 B
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平7-163335

(22) 出願日 平成7年(1995)6月29日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番8号

(72) 発明者 宮地 敏

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

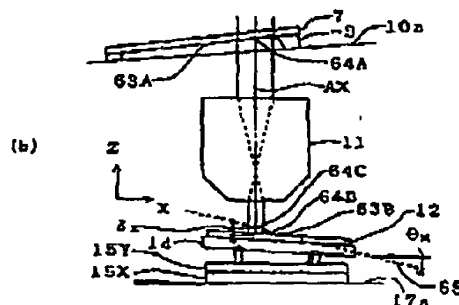
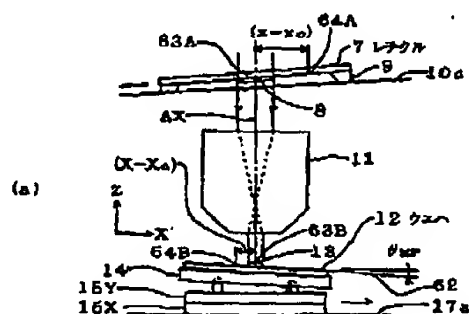
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【目的】 走査露光中に投影光学系の結像面の高さが変化しても、走査露光中に連続して高い追従精度でウエハの表面をその結像面に合わせ込む。

【構成】 レチクル7上の照明領域8内のパターンの投影光学系11を介した像を含む面を第1の基準面62として、この基準面62の傾斜角 θ_H 等を求め、レチクル7をX方向に走査した場合に、照明領域8の中央の点のウエハ12側での共役像を連ねた像面を第2の基準面65として、この基準面65の傾斜角 θ_V を求める。走査露光時には、ウエハ12の照野フィールド13の傾斜角を第1の基準面62に合わせ、ウエハ12の焦点位置を第2の基準面65に合わせる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写用のパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して感光性の基板上の所定の露光領域に投影した状態で、前記マスク及び前記基板を前記投影光学系に対して同期して走査することにより、前記マスクのパターンの像を前記基板上の露光フィールドに逐次転写する投影露光装置において、

前記基板上の前記所定の露光領域の傾斜角、及び前記投影光学系の光軸方向の焦点位置を検出する面位置検出センサと、

該面位置検出センサにより検出された傾斜角を前記マスクの前記投影光学系による投影像により定まる第1の基準面の傾斜角に合わせるように前記基板の傾斜角を制御する傾斜角制御手段と、

前記面位置検出センサにより検出された焦点位置を、前記マスクの走り面の走査方向の傾斜角及び前記マスクの傾斜角に応じて定まる第2の基準面の焦点位置に合わせるように前記基板の焦点位置を制御する焦点位置制御手段と、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 請求項1記載の投影露光装置であって、前記第1の基準面の傾斜角、及び前記第2の基準面の焦点位置の変化の状態は予め計測されてそれぞれ前記傾斜角制御手段、及び前記焦点位置制御手段内に記憶されていることを特徴とする投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は誘導磁気ヘッド等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で使用される投影露光装置に関し、更に詳しくはマスク及び感光基板を投影光学系に対して同期して走査することによりマスクパターンを感光基板上に逐次転写する所謂ステップ・アンド・スキャン方式等の走査露光型の投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介して、感光基板としてのフォトリソグが塗布されたウエハ（又はガラス基板等）上の各ショット領域に投影露光するステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパー等）が使用されている。これに対して最近では、半導体素子等の1つのチップが大型化する傾向にあり、より大面積のパターンをウエハ上に投影露光することが要求されている。そこで、レチクルとウエハとを投影光学系に対して同期して走査することにより、投影光学系の有効露光フィールドより広い範囲のショット領域への露光が可能な走査露光方式の投影露光装置が開発されている。

【0003】 なお、走査露光方式としては、従来より1

枚のレチクルのパターンの全体を等倍で1枚の感光基板の全面に逐次投影露光するアライナーが知られているが、最近開発されている方式は、ウエハ上の各ショット領域への露光を縮小投影で且つ走査露光方式で行うと共に、各ショット領域間の移動をステッピング方式で行うステップ・アンド・スキャン方式である。

【0004】 一般に投影露光装置においては、開口数

(N.A.) が大きく焦点深度の浅い投影光学系が使用されるため、微細な回路パターンを高倍率で転写するためには、ウエハの表面を投影光学系の結像面に合わせ込むための機構が必要である。そこで、従来の一括露光方式の投影露光装置では、例えばウエハステージの案内面（走り面）を基準としてウエハの表面の傾斜角を測定するチルトセンサ（レベリングセンサ）を設け、その案内面を基準として投影光学系の結像面の傾斜角を予め測定しておき、この傾斜角にチルトセンサによる計測値が収束するように、サーボ方式でウエハの表面をその結像面に平行に合わせ込んでいる。そして、この傾斜角の制御（オートレベリング制御）を、ウエハの表面の高さ（焦点位置）を投影光学系の結像面の位置に合わせ込む所謂オートフォーカス制御と併用することによって、ウエハの各ショット領域の全域を結像面に対して焦点深度の範囲内に合わせ込んでいた。

【0005】 また、走査露光方式の投影露光装置においても、従来は一括露光方式とほぼ同様の制御方式で、ウエハの表面を結像面に合わせ込んでいた。更に、走査露光方式では、レチクルの一部のパターンを投影光学系を介してウエハ上に投影したスリット状の投影領域（以下、「照野フィールド」という）に対して、走査方向に平面側の先読み領域でウエハの表面の焦点位置を先読みし、この先読み結果に基づいてウエハの焦点位置を補正する制御方式も提案されている。また、その照野フィールドに対して、レチクルの全体のパターン像が逐次投影されるショット領域上の大きな領域を、以下では「露光フィールド」と呼ぶ。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来の走査露光方式、特に縮小倍率のステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置においては、レチクル及びウエハが投影光学系に対して独立に走査されるため、レチクルの走り面とウエハの走り面とはそれぞれ独立に設定されている。また、レチクルの走り面とレチクルのパターン形成面とは必ずしも平行でないため、レチクルの走査位置に応じて投影光学系の結像面（レチクルのパターン像の像面）の高さが次第に変化することがある。このように結像面の高さが次第に変化する場合に、その結像面の高さが変化する方向とウエハの走り面の方向とが平行でないと、オートフォーカス制御の応答速度に起因して追従誤差が発生し、ウエハの露光フィールド（ショット領域）の表面が部分的に結像面に対して焦点深度の範囲から外れてし

まう恐れがあった。

【0007】本発明は斯かる点に鑑み、走査露光中に投影光学系の結像面の高さが変化しても、走査露光中に連続して高い追従精度でウエハの表面をその結像面に合わせ込むことができる投影露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による投影露光装置は、転写用のパターンが形成されたマスク（7）を照明し、このマスクのパターンの一部の像を投影光学系（11）を介して感光性の基板（12）上の所定の露光領域（照野フィールド13）に投影した状態で、マスク（7）及び基板（12）を投影光学系（11）に対して同期して走査することにより、マスク（7）のパターンの像を基板（12）上の露光フィールドに逐次転写する投影露光装置において、基板（12）上の所定の露光領域（13）の傾斜角、及び投影光学系（11）の光軸方向の焦点位置を検出する面位置検出センサ（25）と、この面位置検出センサにより検出された傾斜角をマスク（7）の投影光学系（11）による投影像により定まる第1の基準面（62）の傾斜角に含わせるように基板（12）の傾斜角を制御する傾斜角制御手段（16A～16C、20）と、面位置検出センサ（25）により検出された焦点位置を、マスク（7）の走り面（10a）の走査方向の傾斜角（ θ_p ）及びマスク（7）の傾斜角に応じて定まる第2の基準面（65）の焦点位置に含わせるように基板（12）の焦点位置を制御する焦点位置制御手段（16A～16C、20）と、を有するものである。

【0009】言い換えると、本発明では、マスクの一部のパターンの投影像の露光領域（照野フィールド）に対する第1の基準面（62）と、走査露光の結果として得られる基板（12）上の露光フィールドに対する第2の基準面（65）とを管理し、基板（12）の傾斜角の制御は第1の基準面（62）の傾斜角に基づいて行い、基板（12）の焦点位置の制御は第2の基準面（65）の焦点位置に基づいて行っている。

【0010】この場合、第1の基準面（62）の傾斜角、及び第2の基準面（65）の焦点位置の変化の状態は予め計測されてそれぞれ傾斜角制御手段（16A～16C、20）、及び焦点位置制御手段（16A～16C、20）内に記憶されていることが望ましい。

【0011】

【作用】斯かる本発明の原理につき、本発明の一実施例の要部を示す図8を参照して説明する。図8（a）において、基板（12）を走査するステージ系（14、15X、15Y）の走り面（案内面）（17a）の2次元の傾斜角を基準値（0、0）とする。その2次元の傾斜角は、例えば投影光学系（11）の光軸に垂直な平面の直交座標系であるY軸、及びX軸の回りでの傾斜角を表

す。そして、マスクの一部のパターン（8）の投影像である照射フィールド（13）の結像面を第1の基準面（62）として、走り面（17a）に対する第1の基準面（62）の傾斜角を（ θ_p 、 θ_y ）とすれば、傾斜角制御手段によって基板（12）の表面の傾斜角はその（ θ_p 、 θ_y ）を目標値として制御される。この結果、第1の基準面（62）に対して基板（12）の表面が平行に設定される。

【0012】この状態で、マスク（7）及び基板（12）の走査を行った場合、走り面（17a）に対して第1の基準面（62）が傾斜しているため、走査方向の基板（12）の位置に応じて、基板（12）の焦点位置（高さ）が変化する。仮に、基板（12）の走査方向を+X方向として、基板（12）の位置が図8（a）に示す位置 X_0 にあるときの焦点位置を z_0 、基板（12）の位置が図8（b）に示す位置 X_1 に変化したときの焦点位置を z_1 とすると、近似的に以下の関係が成立する。

【0013】

$$\text{【数1】 } z_1 = (X - X_0) \theta_p + z_0$$

ここで、更にマスク（7）の走査による影響を考慮するために、マスク（7）の走り面（10a）に対してマスク（7）のパターン形成面が走査方向に所定角度傾斜しているとする。その結果として図8（b）に示すように、マスク（7）をX方向に走査した場合に、照野フィールドの中心での結像面の位置は走査方向に対する傾斜角（Y軸の回りでの傾斜角）が θ_x の第2の基準面（65）に沿って移動する。また、図8（a）及び（b）の状態でマスク（7）のX方向の位置をそれぞれ x_0 、及び x_1 として、投影光学系（11）のマスクから基板への投影倍率を β （ β は例えば1/4、1/5等）とすると、投影光学系（11）が斜立像を投影する場合に、次の関係が成立する。

【0014】

$$\text{【数2】 } X - X_0 = -\beta (x - x_0)$$

また、第2の基準面（65）の傾斜角は θ_x 、基板（12）が図8（a）に示す位置 X_0 にあるときの焦点位置は z_0 であるため、図8（b）の状態で照射フィールドの中央での焦点位置はほぼ次式で表される焦点位置 z_1 に変化する。

【0015】

$$\text{【数3】 } z_1 = (X - X_0) \theta_x + z_0$$

従って、この焦点位置 z_1 を目標として合焦制御（オートフォーカス制御）を行えばよいが、実際には第1の基準面（62）の傾斜角に応じて、基板（12）の焦点位置は（数1）で示す焦点位置 z_1 に変化して、次式で表されるデフォーカス量 δz が生じている。

【0016】

$$\text{【数4】 } \delta z = z_0 - z_1 = (X - X_0) (\theta_x - \theta_p)$$

そのため、実際の合焦制御は例えば（数4）のデフォーカス量 δz を0にするように行えばよい。また、第1の

基準面(62)の傾斜角 θ_{μ} 、及び第2の基準面(65)の傾斜角 θ_{λ} は、それぞれ例えばテストプリントを行って求めて、記憶しておけばよい。この結果、基板(12)の傾斜角をマスク(7)の視野フィールド内での投影像の像面に含わせながら、基板(12)の焦点位置をマスク(7)の全体としての投影面に沿って変化させることが可能になる。

【0017】

【実施例】以下、本発明による投影露光装置の一実施例につき図面を参照して説明する。本実施例は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は、本実施例の投影露光装置を示し、この図1において、光源及びオプティカル・インテグレータ等を含む光源系1からの露光用の照明光1Lが、第1リレーレンズ2、レチクルブラインド(可変視野絞り)3、第2リレーレンズ4、ミラー5、及びメインコンデンサーレンズ6を介して、均一な強度分布でレチクル7のパターン形成面(下面)のスリット状の照明領域8を照明する。レチクルブラインド3の配置面はレチクル7のパターン形成面とほぼ共役であり、レチクルブラインド3の開口の位置及び形状により、照明領域8の位置及び形状が設定される。

【0018】レチクル7上の照明領域8内のパターンの投影光学系11を介した像が、フォトレジストが塗布されたウエハ12上のスリット状の視野フィールド13内に投影露光される。ここで、投影光学系11の光軸に平行にZ軸を取り、その光軸に垂直な2次元平面内で図1の紙面に平行にX軸を、図1の紙面にY軸を取る。レチクル7はレチクルステージ9上に保持され、レチクルステージ9はレチクルベース10上で運動方向であるX方向に例えばリニアモータにより駆動される。レチクルステージ9上の移動軸18、及び外部のレーザ干渉計19によりレチクル7のX座標が計測され、このX座標が装置全体の動作を統括制御する主制御系20に供給され、主制御系20は、レチクルステージ駆動系21及びレチクルステージ9を介してレチクル7の位置及び移動速度の制御を行う。

【0019】一方、ウエハ12は、不図示のウエハホルダを介してZチルトステージ14上に保持され、Zチルトステージ14は3個のZ方向に移動自在なアクチュエータ16A～16Cを介してYステージ15Y上に載置され、Yステージ15Yは、Xステージ15X上に例えば送りねじ方式でY方向に移動されるように載置され、Xステージ15Xは、装置ベース17上に例えば送りねじ方式でX方向に移動されるように載置されている。3個のアクチュエータ16A～16Cを並行に伸縮させることにより、Zチルトステージ14のZ方向の位置(焦点位置)の調整が行われ、3個のアクチュエータ16A～16Cの伸縮量を個別に調整することにより、Zチルトステージ14のX軸及びY軸の回りの傾斜角の調整が

行われる。

【0020】また、Zチルトステージ14の上端に固定されたX軸用の移動軸22X、及び外部のレーザ干渉計23Xにより、ウエハ12のX座標が常時モニタされ、Y軸用の移動軸22Y(図7参照)及び外部のレーザ干渉計23Yにより、ウエハ12のY座標が常時モニタされ、検出されたX座標、Y座標が主制御系20に供給されている。

【0021】ここで、アクチュエータ16A～16Cの構成例につき説明する。図6は、アクチュエータ16Aの断面図であり、この図6において、図1のYステージ15Y上に駆動機構ハウジング40が固定され、駆動機構ハウジング40内に送りねじ41が回転自在に収納され、送りねじ41の左端にカップリング42を介して回転検出用のロータエンコーダ43が接続され、送りねじ46の右端にカップリング44を介してロータリモータ45が接続されている。また、送りねじ41にナット39が嵌合され、ナット39に支柱38を介して上端が傾斜した斜面部36Aが固定され、斜面部36Aの上端に回転体36Bが接触している。回転体36Bは、図1のZチルトステージ14内に回転自在に、且つ横方向には移動できないように型込まれている。

【0022】また、斜面部36Aは直線ガイド37に沿って送りねじ41に平行な方向に移動できるように支持されている。この場合、図1のウエハステージ駆動系24からの駆動速度を示す制御信号がロータリモータ45に供給され、ロータリモータ45は指示された駆動速度(角速度)で送りねじ41を回転する。これにより、ナット39が送りねじ41に沿ってX方向に移動し、斜面部36Aも送りねじ41に沿って移動する。従って、斜面部36Aの上端に接触する回転体36Bは、回転しながら駆動機構ハウジング40に対して上下方向(Z方向)に変位する。また、送りねじ41の回転角速度をロータリエンコーダ43により計測することにより、回転体36Bの上下方向への移動速度が検出される。他のアクチュエータ16B、16Cも同じ構成である。

【0023】なお、アクチュエータ16A～16Cは、図6のようにロータリモータを使用する方式の外に、例えばピエゾ素子等を使用して構成してもよい。図1に戻り、主制御系20は、供給された座標に基づいてウエハステージ駆動系24を介してXステージ15X、Yステージ15Y、及びZチルトステージ14の動作を制御する。例えば走査露光方式で露光を行う場合には、投影光学系11が投影倍率 β (β は例えば1/4等)で倒立像を投影するものとして、レチクルステージ9を介してレチクル7を照明領域8に対して+X方向(又は-X方向)に速度 V_x で走査すると同時に、Xステージ15Xを介してウエハ12が視野フィールド13に対して-X方向(又は+X方向)に速度 $V_y (= \beta \cdot V_x)$ で走査される。

【0024】次に、ウエハ12の表面のZ方向の位置（焦点位置）を検出するための多点の焦点位置検出系（以下、「多点AFセンサ」という）25の構成につき説明する。この多点AFセンサ25において、光源26から射出されたフォトレジストに対して非感光性の検出光が、コンデンサレンズ27を介して送光スリット板28内の多数のスリットを照明し、それらスリットの像が対物レンズ29を介して、投影光学系11の光軸に対して斜めにウエハ12上の照野フィールド13及びこの前後の先読み領域35A、35B（図2参照）の15個の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ に投影される。

【0025】図2は、ウエハ12上のそれら計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ の配置を示し、この図2において、スリット状の照野フィールド13に対して+X方向、及び-X方向側にそれぞれ先読み領域35A及び35Bが設定されている。そして、照野フィールド13内に3行×3列の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ が設定され、先読み領域35B内に3個の計測点 $P_{11} \sim P_{13}$ が設定され、先読み領域35A内に3個の計測点 $P_{14} \sim P_{16}$ が設定されている。本実施例では、照野フィールド13内の9個の計測点での焦点位置の情報から照野フィールド13内での平均的な焦点位置、及び傾斜角を求める。そして、必要に応じて、先読み領域35A（Xは35B）内の3個の計測点での焦点位置の情報を使用してウエハ12の表面の段差の補正等を行う。

【0026】図1に戻り、それらの計測点からの反射光が、集光レンズ30を介して振動スリット板31上に集光され、振動スリット板31上にそれら計測点に投影されたスリット像が再結像される。振動スリット板31は、主制御系20からの駆動信号DSにより駆動される加振器32により所定方向に振動している。振動スリット板31の多数のスリットを通過した光が光電検出器33上の多数の光電変換素子によりそれぞれ光電変換され、これら光電変換信号が信号処理系34に供給される。

【0027】図3は、図1中の送光スリット板28を示し、この図3において、送光スリット板28には図2のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ に対応する位置にそれぞれスリット28₁₁～28₁₅が形成されている。また、図1中の振動スリット板31上にも、図4に示すように図2のウエハ上の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ に対応する位置にそれぞれスリット31₁₁～31₁₅が形成され、振動スリット板31は加振器32により各スリットの長手方向に直交する計測方向に振動している。

【0028】次に、図5は、図1中の光電検出器33、及び信号処理系34を示し、この図5において、光電検出器33上の1行目の光電変換素子33₁₁～33₁₅には、それぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ から反射されて、且つ振動スリット板31中の対応するスリットを通過した光が入射し、2行目～4行目の光電変換素子33₂₁～

33₄₅には、それぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ から反射されて、且つ振動スリット板31中の対応するスリットを通過した光が入射し、5行目の光電変換素子33₅₁～33₅₅には、それぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ から反射されて、且つ振動スリット板31中の対応するスリットを通過した光が入射する。そして、光電変換素子33₁₁～33₅₅からの検出信号は、増幅器46₁₁～46₅₅を介して同期整流器47₁₁～47₅₅に供給される。同期整流器47₁₁～47₅₅はそれぞれ加振器32用の駆動信号DSを用いて入力された検出信号を同期整流することにより、対応する計測点の焦点位置に所定範囲ではほぼ比例して変化するフォーカス信号を生成する。本実施例では、同期整流器47₁₁～47₅₅から出力されるフォーカス信号は、それぞれ図1において、例えばレチクル7が走査方向の中央に停止した状態で、対応する計測点が投影光学系11の結像面（ベストフォーカス面）に合致しているときに0になるようにキャリブレーションが行われている。

【0029】同期整流器47₁₁～47₅₅から出力されるフォーカス信号は、並列にマルチプレクサ48に供給され、マルチプレクサ48は、主制御系20内のマイクロプロセッサ（MPU）50からの切り換え信号に同期して、供給されるフォーカス信号から順番に選ばれたフォーカス信号をアナログ/デジタル（A/D）変換器49に供給し、A/D変換器49から出力されるデジタルのフォーカス信号が順次主制御系20内のメモリ51内に格納される。

【0030】図7は、図1の3個のアクチュエータ16A～16Cの駆動系を示し、この図7の主制御系20において、メモリ51の各アドレス51₁₁～51₁₅内にそれぞれ図2の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ での焦点位置を示すデジタルのフォーカス信号が格納されている。なお、これらのフォーカス信号は、所定のサンプリング間隔で逐次書き換えられているものである。それらアドレス中で、図2の照野フィールド13内の計測点に対応するアドレス51₁₁～51₁₅から読み出されたフォーカス信号は並列に最小自乗法計算部52に供給される。最小自乗法計算部52では、その照野フィールド13内の9個の計測点 $P_{11} \sim P_{15}$ に対応する9個のフォーカス信号に基づいて、最小自乗法的にその照野フィールド13の表面に合致する平面を決定し、この決定された平面の中心での焦点位置（Z座標）z、Y軸の回りでの傾斜角 θ_x 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_y を求める。これらの傾斜角 θ_x 、傾斜角 θ_y 、及び焦点位置zはそれぞれ減算部54A、54B及び54Cに供給される。

【0031】また、メモリ51内のアドレス51₁₁～51₁₅、及び51₂₁～51₂₅から読み出された、図2の先読み領域35A、35B内の計測点に対応するフォーカス信号は、先読み補正部53に供給される。先読み補正部53では例えばウエハ12の表面の凹凸の検出等を行

う。更に、本例の主制御系20内には、第1の記憶部55、及び第2の記憶部56が設けられ、第1の記憶部55には、ウエハ12上の照野フィールド13での結像面を表す第1の基準面のY軸の回りでの傾斜角 θ_{1y} 、及びX軸の回りでの傾斜角 θ_{1x} と、例えばレチクル7の中心が投影光学系11の光軸上にあるときの照野フィールド13の中心での結像面の焦点位置 z_0 とが記憶されている。一方、第2の記憶部56には、ウエハ12上の露光フィールド（ショット領域）の全面での結像面を表す第2の基準面のY軸の回りでの（走査方向に対する）傾斜角 θ_2 が記憶されている。

【0032】ここで、図8を参照して、その第1及び第2の基準面につき詳細に説明する。図8(a)は図1のステージ系を簡略化して示し、この図8(a)において、レチクル7をX方向に走査するレチクルステージ9は走り面（案内面）10aに沿って移動するものとして、レチクル7のパターン形成面は走り面10aに対して所定角度傾斜しているものとする。また、ウエハ12をX方向に走査するXステージ15Xは走り面17aに沿って移動するものとして、走り面17aのY軸、及びX軸の回りの傾斜角が(0, 0)に調整されているものとする。

【0033】この場合、レチクル7が走査方向の中央の位置にある状態で、照明領域8内のレチクル7のパターンを投影光学系11を介して照野フィールド13に投影した像の結像面が第1の基準面62であり、第1の基準面62の走り面17aに対するY軸、X軸の回りの傾斜角 θ_{1y} 、 θ_{1x} 、及びその基準面62の焦点位置 z_0 が予め求められている。そして、3個のアクチュエータ16A~16C（図7参照）の伸縮量の制御により、ウエハ12の表面は第1の基準面62に合致するように設定されている。ところが、図8(a)ではレチクル7の位置が走り面10aに沿ってX方向に移動して、照明領域8がZ方向に変動すると、照野フィールド13内の像の結像面は第1の基準面62に平行にZ方向に変動する。この第1の基準面62のZ方向への変動量を表すのが、第2の基準面である。

【0034】即ち、図8(a)で投影光学系11の光軸AX上のレチクル7のパターン形成面上の点63Aと、この点から+X方向に離れた点64AとのX方向の間隔を $(x-x_0)$ とする。そして、点63Aとウエハ12上で共役な像点63Bから、X方向に間隔 $(X-X_0)$ だけ離れたウエハ12上の点を点64Bとして、投影光学系11の投影倍率 β を用いて、次の関係があるとする。

【0035】

$$[数5] \quad X-X_0 = -\beta (x-x_0)$$

その後、図8(a)の状態でウエハ12の傾斜角、及び焦点位置をロックした状態で、レチクル7及びウエハ12をそれぞれ-X方向及び+X方向に速度比 β で走査して、図8(b)に示すように、レチクル7上の点64

Aが光軸AX上に至ると、ウエハ12上では点64Bが光軸AX上に至る。しかしながら、レチクル7上の照明領域がZ方向に変位しているため、レチクル7上の点64Aの投影光学系11を介した像点64Cの位置は、点64Bに対してZ方向に間隔 δz だけ離れている。ここで、図8(b)において、ウエハ12側での最初の像点63Bと今回の像点64Cとを通り、X軸の回りの傾斜角が第1の基準面62の傾斜角 θ_{1y} と同じ平面を第2の基準面65とすると、レチクル7及びウエハ12をそれぞれ-X方向及び+X方向に走査した場合に、レチクル7の光軸AX上の点の投影光学系11を介した像点を運んだ直線がその第2の基準面65上にある。言い換えると、ウエハ12上の露光フィールド（ショット領域）に投影されるレチクルのパターン像の結像面がその第2の基準面となる。

【0036】本例ではその第2の基準面65のY軸の回りでの傾斜角 θ_2 が予め計測されている。そこで、図8(b)におけるウエハ12上の点64Bと像点64Cとの間隔 δz は、第1の基準面62の傾斜角 θ_{1y} 、及び第2の基準面65の傾斜角 θ_2 を用いて、次のようになる。

【0037】

$$[数6] \quad \delta z = (X-X_0) (\theta_2 - \theta_{1y})$$

そこで、3個のアクチュエータ16A~16Cの高さを並行にその間隔 δz だけ変化させることにより、合焦（オートフォーカス）が行われる。この際に、レベリングは既に完了している。

【0038】図7に戻り、第1の記憶部55からの第1の基準面の傾斜角 θ_{1y} 、 θ_{1x} が、それぞれ傾斜角の目標値として減算部54A及び54Bに供給され、減算部54A及び54Bから目標位置/速度変換部58に対してそれぞれ傾斜角の偏差 $\Delta \theta_{1y} (= \theta_{1y} - \theta_y)$ 、及び $\Delta \theta_{1x} (= \theta_{1x} - \theta_x)$ が供給されている。また、第1の記憶部55からの傾斜角 θ_{1y} 、及び基準状態での結像面の焦点位置 z_0 と、第2の記憶部56からの第2の基準面の傾斜角 θ_2 とが焦点位置補正部57に供給されている。また、X軸のレーザ干渉計23Xで計測されたZチルトステージ14（ウエハ12）のX座標が焦点位置補正部57、及び目標位置/速度変換部58に供給され、Y軸のレーザ干渉計23Yで計測されたZチルトステージ14のY座標が目標位置/速度変換部58に供給されている。

【0039】焦点位置補正部57では、基準状態でのZチルトステージ14のX座標を X_0 、現在のZチルトステージ14のX座標を X として、(数6)より焦点位置のずれ量 δz を算出し、このずれ量 δz に焦点位置 z_0 を加算して目標焦点位置 z_f を求め、この目標焦点位置 z_f を減算部54Cに供給する。これに応じて、減算部54Cから目標位置/速度変換部58に対して焦点位置の偏差 $\Delta z (= z_f - z)$ が供給されている。目標位置

／速度変換部58では、先ず、供給された2チルトステージ14のX座標、Y座標より、投影光学系11の光軸を原点とした場合の3個のアクチュエータ16A、16B、16Cのそれぞれの作用点の座標 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 、 (X_3, Y_3) を算出する。

【0040】また、予め傾斜角 θ_1 、傾斜角 θ_2 、及び焦点位置 z のそれぞれの位置制御系のループゲイン $K\theta$

$$\begin{bmatrix} VZ_1 \\ VZ_2 \\ VZ_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K\theta_x & 0 & 0 \\ 0 & K\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & K_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\theta_x \\ \Delta\theta_y \\ \Delta z \end{bmatrix}$$

【0042】アクチュエータ16A～16Cの座標 $(X_1, Y_1) \sim (X_3, Y_3)$ は、ウエハ12が走査されるのに応じて変化するため、目標位置／速度変換部58は、例えばウエハ12の位置が所定ステップ変化する毎に、又は所定の時間間隔で逐次（数7）の演算を行って速度指令値 VZ_1 、 VZ_2 、 VZ_3 を算出する。これらの速度指令値 $VZ_1 \sim VZ_3$ は、速度コントローラ60に供給され、速度コントローラ60は、パワーアンプ61A～61Cを介してアクチュエータ16A～16Cを駆動する。また、アクチュエータ16A～16Cの内部のロータリエンコーダ43A～43C（図6のロータリエンコーダ43と同じ）からの速度の検出信号が速度コントローラ60にフィードバックされている。これにより、アクチュエータ16A～16Cは、それぞれ先端部が駆動速度 $VZ_1 \sim VZ_3$ でZ方向に駆動される。

【0043】そして、そのアクチュエータ16A～16Cにより駆動された後のウエハ12の表面の位置及び傾斜角が、図1の多点AFセンサ25及び図7の最小二乗法計算部52等により計測され、この計測結果と目標値との偏差が目標位置／速度変換部58にフィードバックされる。走査露光中にそのように2チルトステージ14の傾斜角及び焦点位置をサーボ制御することによって、ウエハ12の照野フィールド13が、常にレチクル7の照明領域8内のパターンの投影像の結像面に合致した状態で露光が行われる。

【0044】次に、図8に示した照野フィールド13内の結像面に対応する第1の基準面62の傾斜角 θ_P 、 θ_W 、及びウエハ12上の露光フィールドの結像面に対応する第2の基準面65の傾斜角 θ_T の測定方法の一例につき説明する。先ず、第1の基準面62に関しては、図8(a)に示すように、レチクル7を走査方向の中央に静止させた後、ウエハステージを駆動してステップ・アンド・リピート方式により、ウエハ12上の複数の領域（照野フィールド13により露光される領域）にそれぞれ照明領域8内のパターンを像をテストプリント（条作だし露光）する。この際にウエハ12の表面は走り面17aに平行に、即ち傾斜角 $(0, 0)$ に設定しておき、1回の露光毎にウエハ12の焦点位置（Z座標）を次第に変化させる。その後、ウエハ12を現像し、得られた

1、 $K\theta_1$ 、及び K_z が記憶されており、目標位置／速度変換部58では次式から3個のアクチュエータ16A、16B、16Cへのそれぞれの速度指令値 VZ_1 、 VZ_2 、 VZ_3 を算出する。

【0041】

【数7】

投影像の解像度を調べることによって、照野フィールド13内の各点でのベストフォーカス位置の分布を求め、この分布を平面近似することによって第1の基準面62の傾斜角 (θ_P, θ_W) 、及び焦点位置 z が求められる。

【0045】次に、第2の基準面65に関しては、最初に前述の方法により第1の基準面62の傾斜角 (θ_P, θ_W) を求め、この傾斜角を不図示の入出力装置を介して図7の第1の記憶部55に設定しておく。また、第2の基準面65の傾斜角 θ_T としては値0（走り面17aと同じ値）を不図示の入出力装置を介して図7の第2の記憶部56に設定しておく。その後、1回の露光毎に焦点位置（Z座標）の目標値を所定間隔だけ変化させながら、ステップ・アンド・スキャン方式によるテストプリントを行う。この際の各回の走査露光時には、ウエハ12は傾斜角が第1の基準面62に合致した状態で、且つ焦点位置は固定されている。その後、ウエハ12を現像して、得られた露の解像度を計測することにより、ウエハ12の各露光フィールド（ショット領域）でのベストフォーカス位置の分布が求められる。その分布より第2の基準面65のY軸の回りでの傾斜角 θ_T 、X軸の回りでの傾斜角 θ_T （これは第1の基準面62の傾斜角 θ_P にほぼ等しい）が求められる。その傾斜角 θ_T が不図示の入出力装置を介して、図7の第2の記憶部56に記憶される。

【0046】なお、図2においては、傾斜角、及び焦点位置検出用の計測点 $P_{11} \sim P_{44}$ が照野フィールド13内に分布しているが、それら計測点 $P_{11} \sim P_{44}$ は照野フィールド13からはみ出していてもよい。また、全体の計測点 $P_{11} \sim P_{44}$ の個数、及び配列は図2に限定されず、例えば計測点をX方向に段違いに配置してもよい。更に、上述実施例では、ウエハ12上の照野フィールド13の傾斜角を検出するために多点AFセンサ25が使用されているが、多点AFセンサの代わりに計測点が1点のAFセンサを使用して、傾斜角検出用に例えばウエハ12の表面に平行光線を斜めに照射し、その反射光の集光位置の横ずれ量からその表面の傾斜角を検出する平行光線斜入射方式のレベリングセンサを使用してもよい。

【0047】このように、本発明は上述実施例に限定さ

れず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0048】

【発明の効果】本発明の投影露光装置によれば、マスクの傾きや投影光学系の傾きに起因する感光性の基板1の露光領域（照野フィールド）に対する投影像の傾斜角が、第1の基準面の傾斜角となっている。また、マスク側のステージと基板側のステージとの走り面（案内面）の傾斜角のずれ等に起因する、基板上の露光フィールドに対する投影像の傾きは、第2の基準面の傾斜角となっている。従って、それら2つの基準面に基づいて傾斜角及び焦点位置の制御を行うことにより、走査露光中に投影光学系の結像面の高さが変化しても、走査露光中に連続して高い追従精度で基板の表面をその結像面に合わせることが出来る利点がある。

【0049】その結果、基板上的各露光フィールド（ショット領域）の全域において均質な投影像を得ることが容易になり、また、投影光学系の結像面の焦点深度が狭くなった場合でも高い結像特性を維持できる。即ち、焦点深度に対する裕度（フォーカスマージン）が高くなる。また、その第1の基準面の傾斜角、その前記第2の基準面の焦点位置の変化の状態が予め計測されてそれぞれ傾斜角制御手段、及び焦点位置制御手段内に記憶されている場合には、走査露光中には単に記憶されているデータを使用すればよいだけであるため、制御シーケンスが単純化され、且つ焦点位置の変化に対する追従速度も高速化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例が適用されたステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置を示す構成図である。

【図2】図1のウエハ12上の焦点位置の計測点の分布を示す平面図である。

【図3】図1中の逆光スリット板28を示す図である。

【図4】図1中の振動スリット板31を示す図である。

【図5】図1中の光増倍器33、及び信号処理系34を示す構成図である。

【図6】図1中のアクチュエータ16Aの構成例を示す一部を断面とした構成図である。

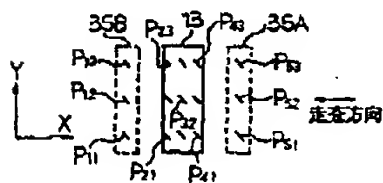
【図7】図1中のウエハ12のフォーカス・レベリング機構、及びその制御系を示す一部斜視図を含む構成図である。

【図8】（a）は照野フィールド13に対する第1の基準面62を示す概念図、（b）はウエハ12上の露光フィールドに対する第2の基準面65を示す概念図である。

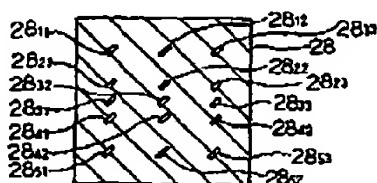
【符号の説明】

- 7 レチクル
- 9 レチクルステージ
- 11 投影光学系
- 12 ウエハ
- 13 照野フィールド
- 14 フォーカス・レベリングステージ
- 15 Y Yステージ
- 15 X Xステージ
- 16 A～16 C アクチュエータ
- 19、23 X、23 Y レーザ干渉計
- 20 主制御系
- 25 多点AFセンサ
- P₁₁～P₅₃ 計測点
- 33 光増倍器
- 34 信号処理系
- 52 最小自乗法計算部
- 57 焦点位置補正部
- 58 目標位置/速度変換部
- 62 第1の基準面
- 65 第2の基準面

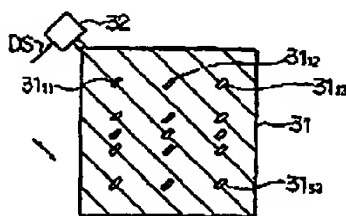
【図2】



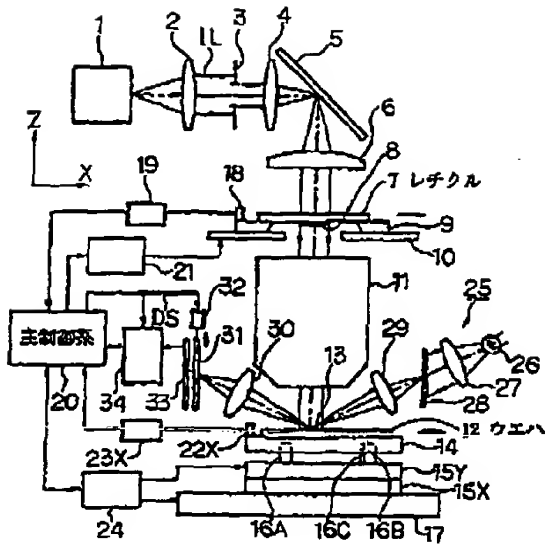
【図3】



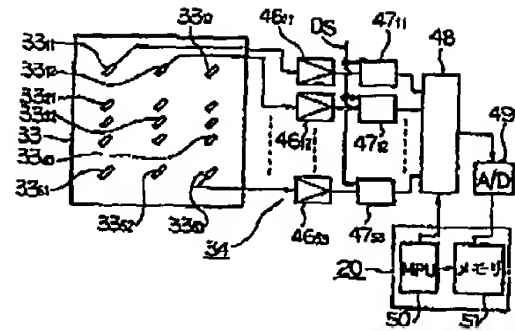
【図4】



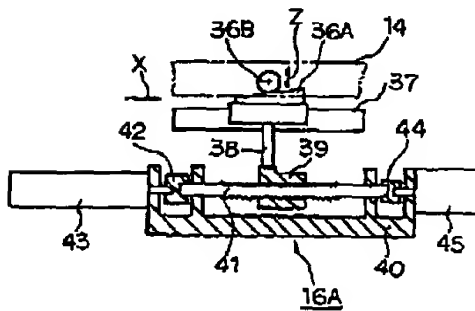
【図1】



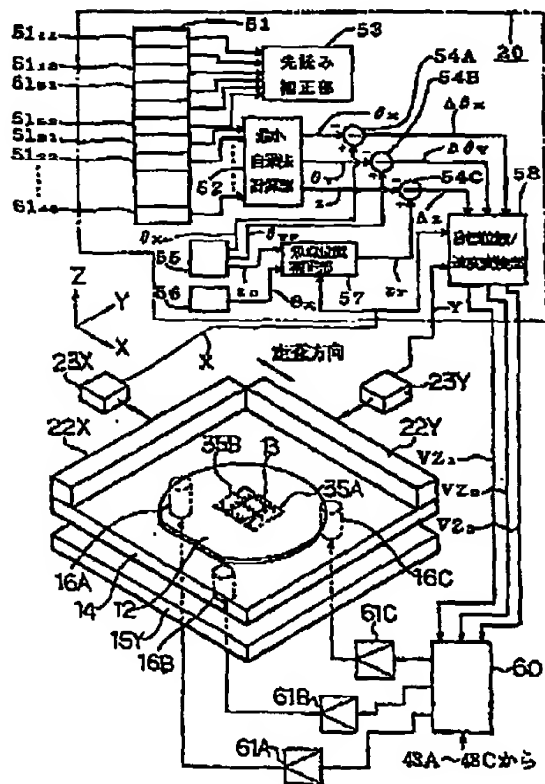
【図5】



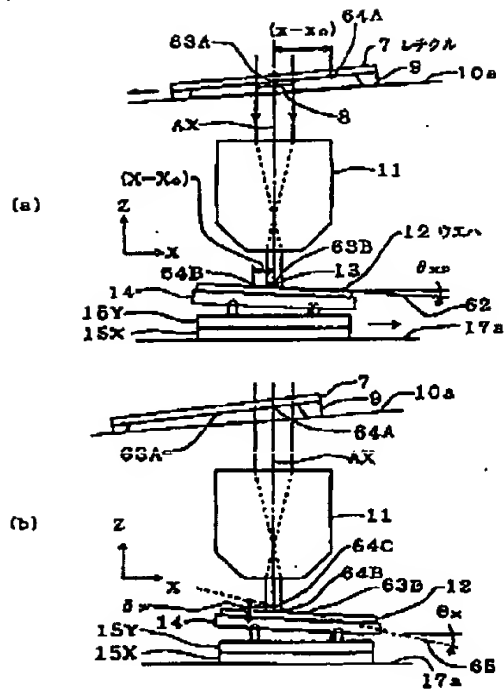
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号

片内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

518

526A

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第6部門第2区分
【発行日】平成14年9月11日(2002.9.11)

【公開番号】特開平9-15872
【公開日】平成9年1月17日(1997.1.17)
【年号号数】公開特許公報9-159
【出願番号】特願平7-163335
【出願特許分類第7版】

G03F 9/02
G02B 7/28
G03B 13/36
G03F 7/20 521
H01L 21/027

【F1】

G03F 9/02 II
7/20 521
G02B 7/11 M
G03B 3/00 A
H01L 21/30 516 B
518
526 A

【手続補正書】

【提出日】平成14年6月28日(2002.6.28)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写用のパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して感光性の基板上的所定の露光領域に投影した状態で、前記マスク及び前記基板を前記投影光学系に対して同期して走査することにより、前記マスクのパターンの像を前記基板上的露光フィールドに逐次転写する投影露光装置において、前記基板上的前記所定の露光領域の傾斜角、及び前記投影光学系の光軸方向の焦点位置を検出する面位置検出センサと、該面位置検出センサにより検出された傾斜角を前記マスクの前記投影光学系による投影像により定まる第1の基準面の傾斜角に合わせるように前記基板の傾斜角を制御する傾斜角制御手段と、前記面位置検出センサにより検出された焦点位置を、前記マスクの走り面の走査方向の傾斜角及び前記マスクの傾斜角に応じて定まる第2の基準面の焦点位置に合わせるように前記基板の焦点位置を制御する焦点位置制御手

段と、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 請求項1記載の投影露光装置であって、前記第1の基準面の傾斜角、及び前記第2の基準面の焦点位置の変化の状態は予め計測されてそれぞれ前記傾斜角制御手段、及び前記焦点位置制御手段内に記憶されていることを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の投影露光装置であって、

前記第1の基準面の傾斜は、前記基板を搬送する基板ステージの走り面に対する傾斜であることを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか一項に記載の投影露光装置であって、

前記第2の基準面は、前記マスクの走り面に対する前記マスクのパターン形成面の傾斜に応じて前記マスクの走査中に生じる前記マスクのパターンの像の前記光軸方向への変動量を表すことを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか一項に記載の投影露光装置であって、

前記焦点位置制御手段は、前記第1の基準面及び第2の基準面に応じて、前記走査中における前記基板の焦点位置を制御することを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】 請求項5に記載の投影露光装置であって、

前記焦点位置制御手段は、前記転写処理中、前記基板が前記走査方向における基準位置 X_0 から任意の位置 X ま

で移動したとき、

前記第1の基準面の前記走査方向における傾斜角を θ_P 、前記第2の基準面の前記走査方向における傾斜角を θ_I として、前記基板の前記光軸方向における位置を以下に表す δz だけ補正することを特徴とする投影露光装置。

$$\delta z = (X - X_0) (\theta_I - \theta_P)$$

【請求項7】 転写用のパターンが形成されたマスクを照明し、該マスクのパターンの一部の像を投影光学系を介して基板上の所定の露光領域に投影した状態で、前記マスク及び前記基板を前記投影光学系に対して同期して走査することにより、前記マスクのパターンの像を前記基板上の露光フィールドに逐次転写する投影露光装置において、

前記基板上の前記所定の露光領域の傾斜角、及び前記投影光学系の光軸方向の焦点位置を検出する面位置検出センサと、

前記面位置検出センサによる検出結果に応じて、前記基板表面が前記投影光学系の結像面に合致するように、前記基板の前記投影光学系の光軸方向における位置及び傾斜角を制御する制御手段と、を有し、

前記制御手段は、前記転写処理中、前記基板が前記走査方向における基準位置 X_0 から任意の位置 X まで移動したとき、

前記マスクの前記投影光学系による投影像により定まる第1の基準面の前記走査方向における傾斜角を θ_P 、前記マスクの走り面に対するマスクのパターン形成面の傾斜角に応じて定まる第2の基準面の前記走査方向における傾斜角を θ_I として、前記基板の前記光軸方向における位置を以下に表す δz だけ補正することを特徴とする投影露光装置。

$$\delta z = (X - X_0) (\theta_I - \theta_P)$$

【手段補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正内容】

【0010】この場合、第1の基準面（62）の傾斜角、及び第2の基準面（65）の焦点位置の変化の状態は予め計測されてそれぞれ傾斜角制御手段（16A～16C、20）、及び焦点位置制御手段（16A～16C、20）内に記憶されていることが望ましい。また、本発明による別の投影露光装置は、転写用のパターンが形成されたマスク（7）を照明し、該マスクのパターンの一部の像を投影光学系（11）を介して基板（12）上の所定の露光領域（照野フィールド13）に投影した状態で、マスク（7）及び基板（12）を投影光学系（11）に対して同期して走査することにより、マスク（7）のパターンの像を基板（12）上の露光フィールドに逐次転写する投影露光装置において、基板（12）上の所定の露光領域（13）の傾斜角、及び投影光学系（11）の光軸方向の焦点位置を検出する面位置検出センサ（25）と、この面位置検出センサによる検出結果に応じて、基板表面が投影光学系（11）の結像面に合致するように、基板（12）の投影光学系（11）の光軸方向における位置及び傾斜角を制御する制御手段（16A～16C、20）と、を有し、制御手段（16A～16C、20）は、転写処理中、基板（12）が走査方向における基準位置 X_0 から任意の位置 X まで移動したとき、基板（12）の光軸方向における位置を以下に表す δz だけ補正するものである。 $\delta z = (X - X_0) (\theta_I - \theta_P)$ ここで、 θ_P はマスク（7）の投影光学系（11）による投影像により定まる第1の基準面（62）の走査方向における傾斜角、 θ_I はマスク（7）の走り面（10a）に対するマスク（7）のパターン形成面の傾斜角に応じて定まる第2の基準面（65）の走査方向における傾斜角である。